

Institut Teknologi Nasional Malang

SKRIPSI _ ENERGI LISTRIK

**OPTIMALISASI PENEMPATAN KAPASITOR UNTUK
MENINGKATKAN PROFIL TEGANGAN PADA JARINGAN
DISTRIBUSI 20 KV PT PLN (PERSERO) ULP CAKRANEGARA**

Haris Ariwata
19.12.018

Dosen pembimbing
Ir. Ni Putu Agustini, MT.
Rachmadi Setiawan, ST., MT.

PROGRAM STUDI TEKNIK ELE KTRO S-1
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
2024



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

SKRIPSI – ENERGI LISTRIK

**OPTIMALISASI PENEMPATAN KAPASITOR UNTUK
MENINGKATKAN PROFIL TEGANGAN PADA
JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV PT PLN (PERSERO) ULP
CAKRANEGARA**

Haris Ariwata
19.12.018

Dosen pembimbing
Ir. Ni Putu Agustini, M.T.
Rachmadi Setiawan, S.T., M.T.

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
2024

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi

OPTIMALISASI PENEMPATAN KAPASITOR UNTUK
MENINGKATKAN PROFIL TEGANGAN PADA
JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV PT PLN (PERSERO)
ULP CAKRANEGARA

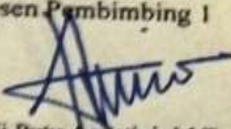
Disusun Oleh :

Haris Ariwata
Nim 19.12.018

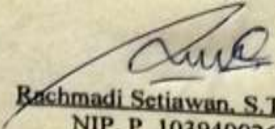
Diajukan Guna Memenuhi Sebagai Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Program Studi Teknik Elektro S-1
Peminatan Energi Listrik

Diperiksa dan Disetujui Oleh

Mengetahui,
Dosen Pembimbing 1

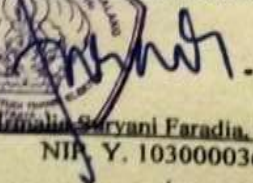

Ir. Ni Putu Agustini, M.T.
NIP. Y. 1030100371

Mengetahui,
Dosen Pembimbing 2


Rachmadi Setiawan, S.T., M.T
NIP. P. 1039400267

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1




Dr. Irena Sariyani Faradia, S.T., M.T.)
NIP. Y. 1030000365

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Haris Ariwata
NIM : 1912018
Jurusan / Peminatan : Teknik Elektro S-1 / Teknik Energi Listrik
ID KTP / Paspr : 5201020806000001
Alamat : Gelogor Tengah, RT 05, Desa Gelogor, Kec.
Kediri, Kab. Lombok Barat, Nusa Tenggara
Barat
Judul Skripsi : Optimalisasi Penempatan Kapasitor Untuk
Meningkatkan Profil Tegangan Jaringan
Distribusi 20 KV PT. PLN (persero) ULP
Cakranegara

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi yang saya buat merupakan hasil karya sendiri bukan hasil plagiarisme dari orang lain. Dalam skripsi ini tidak membuat karya orang lain kecuali sumber yang digunakan sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Apabila ternyata didalam skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiarisme, maka saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar Teknik yang telah saya peroleh (S-1) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan Undang-Undang yang berlaku.

Malang, 10 September 2024

Yang membuat pernyataan



(Haris Ariwata)

1912018

OPTIMALISASI PENEMPATAN KAPASITOR UNTUK MENINGKATKAN PROFIL TEGANGAN PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV PT PLN (PERSERO) ULP CAKRANEGARA

Ni Putu Agustini, Rachmadi Setiawan, Haris Ariwata

arisariwatw37@gmail.com,

ABSTRAK

Kualitas daya dalam sistem tenaga merupakan hal yang sangat penting dan harus diperhatikan untuk menjaga stabilitas dan *continuitas* sistem tenaga listrik dalam suatu industri. Diantara permasalahan kualitas daya yang timbul salah satunya adalah penurunan nilai *power factor* yang menyebabkan konsumsi daya menjadi berlebih. Pada jaringan distribusi, jatuh tegangan dan rugi-rugi daya dapat diakibatkan oleh tingginya beban induktif. Kompensasi daya reaktif diperlukan dalam mengurangi rugi-rugi daya dan penurunan tegangan. Pemasangan kapasitor bank bersifat kapasitif pada jaringan penting dilakukan untuk mengurangi beban induktif sebagai penyumbang daya reaktif. Agar rugi-rugi bisa diminimalisir dengan maksimal, pemilihan tempat pemasangan kapasitor dilakukan secara optimal dengan pengujian dan penelitian ini dimulai dengan survey lokasi ke PT. PLN (Persero) Rayon Cakranegara dan dilakukan simulasi sistem 20 kV menggunakan software ETAP Power Station. Berdasarkan hasil simulasi setelah ditematkannya kapasitor dengan optimal didapatkan tegangan pada sistem dapat dijaga sesuai batas ($0.95 \text{ pu} \leq V_b \leq 1.05 \text{ pu}$), sedangkan rugi-rugi daya yang dapat direduksi setelah pemasangan kapasitor menggunakan program OCP dapat direduksi 715 KW dan 3111 KVar menjadi 69 KW dan 3066 KVar..

Kata Kunci— Jatuh tegangan; rugi-rugi daya; kapasitor bank; Etap Power Station; Kompensasi Daya Reaktif

**OPTIMALISASI PENEMPATAN KAPASITOR UNTUK
MENINGKATKAN PROFIL TEGANGAN PADA
JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV PT PLN (PERSERO)
ULP CAKRANEGARA**

Ni Putu Agustini, Rachmadi Setiawan, Haris Ariwata

arisariwatw37@gmail.com,

ABSTRACT

Power quality in the power system is very important and must be considered to maintain the stability and continuity of the power system in an industry. Among the power quality problems that arise, one of them is a decrease in the power factor value which causes excessive power consumption. In distribution networks, voltage drops and power losses can be caused by high inductive loads. Reactive power compensation is needed to reduce power losses and voltage drops. The installation of capacitive capacitor banks on the network is important to reduce inductive loads as a contributor to reactive power. In order for losses to be minimized to the maximum, the selection of the place for installing capacitors is carried out optimally by testing and this research begins with a site survey to PT PLN (Persero) Rayon Cakranegara and a 20 kV system simulation is carried out using ETAP Power Station software. Based on the simulation results after placing the capacitor optimally, it is found that the voltage in the system can be maintained within the limits ($0.95 \text{ pu} \leq V_b \leq 1.05 \text{ pu}$), while the power losses that can be reduced after installing capacitors using the OCP program can be reduced from 715 KW and 3111 KVar to 69 KW and 3066 KVar.

Keywords-*Voltage drop; power loss; capacitor bank; Etap Power Station; Reactive Power Compensation*

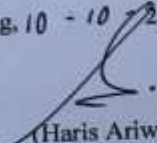
KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan akhir ini tepat pada waktunya. Penyusunan skripsi yang berjudul **“OPTIMALISASI PENEMPATAN KAPASITOR UNTUK MENINGKATKAN PROFIL TEGANGAN PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV PT PLN (PERSERO) ULP CAKRANEGARA”** dibuat untuk memenuhi persyaratan kelulusan program Sarjana S1 Institut Teknologi Nasional Malang pada program studi teknik energi listrik serta menerapkan teori dan praktik yang telah penulis dapatkan selama menempuh perkuliahan di Institut Teknologi Nasional Malang pada 2019. Penulis menyampaikan ucapan terimakasih atas bimbingan dan dukungan semua pihak. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat dan banyak terimakasih kepada:

1. Ibu Dr. Irmalia Suryani Faradisa, ST., MT., selaku Ketua program studi Teknik Elektro S1 ITN Malang.
2. Ibu Ir. Ni Putu Agustini, MT. dan Bapak Rachmadi Setiawan, ST, MT. selaku dosen pembimbing.
3. Bapak dan Ibu Dosen Elektro ITN Malang yang telah memberikan ilmu selama menempuh perkuliahan.
4. Kedua orang tua atas cinta dan segala pengorbanan dalam hidup saya sehingga saya mampu menyelesaikan segala bentuk tantangan dan hambatan selama perkuliahan, skripsi ini saya persembahkan untuk kalian berdua.
5. Teman-teman angkatan 2019 yang menemani selama perkuliahan.
6. Teman-teman IKPM Lobar-Malang yang selalu mensupport saya baik secara langsung maupun tidak langsung.

Namun jika ada kekurangan dan kesalahan dalam penyusunan skripsi ini, penulis memohon saran dan kritikan yang dapat menambah kesempurnaan laporan skripsi ini sehingga dapat bermanfaat bagi rekan mahasiswa dan pembaca lainnya.

Malang, 10 - 10 - 2024



(Haris Ariwata)

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauana Umum	5
2.2 Sistem Distribusi.....	5
2.2.1 Jenis Jaringan Radial	6
2.2.2 Jenis Jaringan Distribusi Rangkaian	7
2.2.3 Sistem Jaringan Distribusi Spindel.....	8
2.3 Analisa Aliran Daya (<i>load Flow</i>).....	9
2.4.1 <i>Slack</i> bus	9
2.4.2 Bus generator	10
2.4.3 <i>Load</i> Bus	10

2.4 Persamaan Aliran Daya (<i>Load Flow</i>).....	11
2.4.1 Rugi-Rugi Daya Pada Saluran	12
2.4.2 Aliran Daya dengan Metode <i>Newthon Rhapson</i>	14
2.5 Pemodelan Sistem Tenaga Listrik	15
2.5.1 Kabel dan Saluran	15
2.5.2 Rugi-rugi pada sistem Tenaga Listrik	16
2.6 Strategi Penempatan dan Penentuan Kapasitas Optimal	
Kapasitor	17
2.6.1 Penempatan Optimal Kapasitor Penempata Optimal	
.....	17
2.6.2 Penentuan Kapasitas Kapasitor	17
2.6.3 Koreksi Faktor Daya	18
2.6.4 Fungsi Kapasitor	19
2.6.5 Kapasitor Seri	20
2.6.6 Kapasitor Parallel (<i>shunt</i>)	21
2.6.7 Kapasitor Untuk Regulasi Tegangan.....	22
2.6.8 Jatuh Tegangan(<i>Voltage Drop</i>).....	23
2.7 Algoritma Genetika di <i>Optimal Capacitor Plecement</i> (OCP)	24
2.7.1 Pengkodean.....	25
2.7.2 Nilai Fitnes.....	26
2.7.3 Reproduksi	27
2.7.4 <i>Crossover</i>	27
2.7.5 Mutasi	27
2.7.6 Fungsi Objektif.....	28
2.7.7 Kendala Operasional	29

BAB III METODE PENELITIAN.....	31
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	31
3.2 Metode Penelitian	31
3.3 <i>Optimal Capacitor Placement (OCP)</i> pada <i>Software ETAP Power Station</i>.....	32
3.4 <i>ETAP Power Station</i>.....	32
3.5 Algoritma Simulasi pada <i>Software ETAP Power Stations</i>.....	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1 Data Single Line Diagram Lombok	37
4.2 Simulasi <i>Load Flow</i> Menggunakan <i>Software ETAP Power Station</i> pada Kondisi <i>Base Case</i>.....	42
4.3 Penempatan Kapasitor Optimal Menggunakan Program <i>Optimal Capacitor Placement (OCP)</i> pada <i>Software ETAP</i>.....	45
4.3.1 Penentuan Bus Kandidat.....	45
4.3.2 Grafik Perbandingan Profil Tegangan Kondisi Base Case dan setelah Pemasangan Kapasitor	50
4.4 Hasil Perbandingan Total P_{loss} (KW) dan Q_{loss} (Kvar) Kondisi Base Case dan setelah Penempatan Kapasitor	52
BAB V KESIMPULAN.....	37
DAFTAR PUSTAKA.....	38
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Konfigurasi Sistem Radial	6
Gambar 2. 2 Konfigurasi Sistem Loop	7
Gambar 2. 3 Konfigurasi Sistem Spindel	8
Gambar 2. 4 Diagram satu garis tipe bus dari sistem tenaga listrik.	11
Gambar 2. 5 Diagram representasi rugi-rugi daya	12
Gambar 2. 6 Ilustrasi Dan Koreksi Faktor Daya.....	19
Gambar 2. 7 Vektor Diagram Pada Jaringan Dengan Pemasangan Kapasitor	19
Gambar 2. 8 Kapasitor Rangkaian Seri	20
Gambar 2. 9 Kapasitor Rangkaian Paralel.....	21
Gambar 2. 10 Pengkodean Dalam Algoritma Genetika.....	26
Gambar 2. 11 Proses Mutasi Algoritma Genetika	28
Gambar 3. 1 Flowchart Penelitian	35
Gambar 4. 1 Single Line Diagram.....	37
Gambar 4. 2 Pemodelan Single line Diagram Sistem Kelistrikan Penyulang Cakranegara pada Software ETAP Power Station kondisi Base Case	42
Gambar 4. 3 Pemodelan Single line Diagram Sistem Kelistrikan Penyulang Cakranegara pada Software ETAP Power Station kondisi Base Case	43
Gambar 4. 4 Hasil Load Flow setelah penempatan kapasitor di Penyulang Cakranegara.....	47
Gambar 4. 5 Hasil Load Flow setelah penempatan kapasitor di Penyulang Cakranegara.....	48
Gambar 4. 6 Hasil Load Flow setelah penempatan kapasitor di Penyulang Cakranegara.....	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penentuan Kapasitas Kapasitor.....	17
Tabel 4. 1 Data Pembangkit	38
Tabel 4. 2 Data Saluran Distribusi 20 kV Lombok	40
Tabel 4. 3 Data Beban.	40
Tabel 4. 4 Profil Tegangan Penyulang Cakranegara pada Kondisi Base Case	44
Tabel 4. 5 Penentuan Kandidat Bus yang akan dipilih untuk ditempatkan kapasitor	46
Tabel 4. 6 Hasil Lokasi dan Kapasitas Kapasitor dengan OCP	47
Tabel 4. 7 Profil Tegangan dalam kondisi setelah pemasangan kapasitor.....	49
Tabel 4. 8 Perbandingan P_{loss} dan Q_{loss} kondisi base case dan setelah pemasangan kapasitor	52